



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년06월07일
(11) 등록번호 10-1851636
(24) 등록일자 2018년04월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/36 (2006.01) G01S 13/66 (2006.01)
G01S 13/78 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 7/36 (2013.01)
G01S 13/66 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0136670
(22) 출원일자 2016년10월20일
심사청구일자 2016년10월20일
(56) 선행기술조사문헌
KR101617620 B1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
국방과학연구소
대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160 (수남동)
(72) 발명자
채대영
대전광역시 유성구 동서대로 725
이승재
대전광역시 대덕구 계족로663번길 34
최인식
대전광역시 유성구 은구비남로 55
(74) 대리인
박장원

전체 청구항 수 : 총 7 항

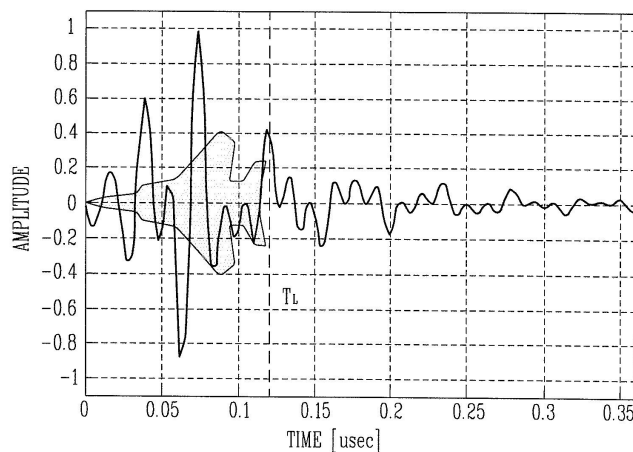
심사관 : 안문환

(54) 발명의 명칭 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 레이더 표적 구분 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명에 따른 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용하여 표적을 구분하는 방법은, 송신기를 통해 저주파 대역 레이더 신호를 방사하고 동일한 위치의 수신기를 통해 상기 레이더 신호가 상기 표적에 반사되어 생성된 레이더 반사 신호를 수집하는 단계; 상기 수집된 레이더 반사 신호로부터 시간 영역 신호를 생성한 후 초기 시간 및 후기 시간 영역에서 각각의 특성 벡터를 추출하는 단계; 상기 초기 시간 및 후기 시간 영역에서 각각 추출된 특성 벡터를 이용하여 융합 특성 벡터를 생성하는 단계; 및 상기 생성된 융합 특성 벡터를 이용하여 상기 표적을 구분하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하고, 저주파 레이더와 같이 대역폭이 좁아서 해상도가 좋지 않은 경우에도 레이더 표적 구분 성능을 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류
G01S 13/78 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR101460591 B1*
KR1020160038464 A*
KR1020110083397 A*
JP2016145817 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용하여 표적을 구분하는 방법에 있어서,
 송신기를 통해 저주파 대역 레이더 신호를 방사하고 동일한 위치의 수신기를 통해 상기 레이더 신호가 상기 표적에 반사되어 생성된 레이더 반사 신호를 수집하는 단계;
 상기 수집된 레이더 반사 신호로부터 시간 영역 신호를 생성한 후, 상기 생성된 시간 영역 신호를 초기 시간 및 후기 시간 영역으로 구분하는 단계;
 상기 구분된 초기 시간 및 후기 시간 영역에서 각각의 특성 벡터를 추출하는 단계;
 상기 초기 시간 및 후기 시간 영역에서 각각 추출된 특성 벡터를 이용하여 융합 특성 벡터를 생성하는 단계; 및
 상기 생성된 융합 특성 벡터를 이용하여 상기 표적을 구분하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 레이더 표적 구분 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,
 상기 레이더 반사 신호를 수집하는 단계는,
 상기 표적에 대한 플라스틱 모델에 대해 3-D 스캐닝 및 모델링을 통하여 실스케일의 캐드 모델을 획득하는 단계; 및
 상기 획득된 실스케일의 캐드 모델에 대해 저주파 대역 RCS를 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 레이더 표적 구분 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,
 상기 특성 벡터를 추출하는 단계는,
 상기 표적의 RCS로부터 IFFT를 이용하여 시간 영역 신호를 생성하는 단계;
 상기 생성된 시간 영역 신호로부터 초기 시간 영역에서는 파형 구조로부터 특성 벡터를 추출하는 단계; 및
 상기 생성된 시간 영역 신호로부터 후기 시간 영역에서는 후기 시간 EP-based CLEAN 알고리즘을 적용하여 특성 벡터를 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 레이더 표적 구분 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,
 상기 초기 시간 영역에서의 파형 구조로부터 추출된 특성 벡터는,
 파형의 최대 값과 최소 값 사이의 시간을 특성으로 사용하고,
 최대 값과 두 번째 peak 값 사이의 시간을 특성으로 사용하는 것을 특징으로 하는, 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 레이더 표적 구분 방법.

청구항 5

제 3항에 있어서,

상기 후기 시간 영역에서의 추출된 특성 벡터는,

후기 시간 EP-based CLEAN 알고리즘을 이용하여 추출된 복소 고유 공진 주파수의 성분 중 허수부를 특성으로 사용하는 것을 특징으로 하는, 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 레이더 표적 구분 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 융합 특성 벡터를 생성하는 단계는,

초기 시간 영역에서는 파형 구조로부터 특성 벡터를 추출하는 단계;

후기 시간 영역에서는 추출된 공진 주파수를 특성 벡터로 사용하는 단계; 및

각각 추출된 특성 벡터를 이용하여 융합 특성 벡터를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 레이더 표적 구분 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 표적을 구분하는 단계는,

상기 융합 특성 벡터를 신경망 구분기에 입력함으로써 상기 표적을 구분하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 레이더 표적 구분 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 레이더 표적 구분 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 레이더를 이용한 표적물 구분에 관한 연구는 국방 무기체계에 있어서 매우 중요한 분야 중 하나이다.

[0003] 최근에는 표적물의 레이더 단면적(RCS: Radar Cross Section)을 감소시켜 적의 레이더 감시를 피하기 위한 은폐 기술인 스텔스(stealth) 기술이 발달함에 따라 그에 따른 위협이 점증되고 있으며, 이를 탐지 및 구분하기 위한 기술 중 하나로 저주파 대역 레이더를 이용하는 방법이 많은 관심을 받고 있다. 저주파 대역 레이더를 이용하면 스텔스 기술 중 하나인 전파흡수체(RAM: Radar Absorbing Material) 기술을 무력화 시킬 수 있는 장점이 있기 때문에 해외에서는 스텔스 표적을 탐지하고 구분하기 위하여 저주파 대역 레이더를 운용하고 있다. 따라서, 국내에서도 저주파 대역 레이더 기술 및 이를 이용한 표적 구분 기법을 개발할 필요가 있다.

[0004] 레이더 표적 구분에 사용되는 특성 벡터로는 크게 산란점과 공진 주파수 두 가지가 있다. 산란점은 초기 시간 영역 응답에서 관찰되는 특성으로서, 표적에서 산란파의 크기가 큰 점을 말한다. 또한, 공진 주파수는 후기 시간 영역 응답에서 관찰되는 특성으로 표적의 물리적인 크기에 의해 정해지는 고유한 주파수를 의미한다. 일반적으로 산란점은 고주파 영역에서의 특성 벡터이며, 공진 주파수는 저주파 영역에서의 특성 벡터로 사용된다.

[0005] 기존의 레이더 표적 구분에 관한 방법들은 표적 구분 실험 시, 여러 가지 특성 벡터 추출 기법으로부터 추출된 특성 벡터를 각각 구분기의 입력으로 사용하여 표적 구분 실험을 수행하였다. 또한 기존의 표적 구분 실험 시에

사용되는 특성 벡터로는 거리해상도가 좋은 고주파 영역의 산란점 또는 후기 시간 영역의 공진 주파수를 이용하였다.

- [0006] 저주파 대역 레이더를 이용하는 경우, 대역폭이 좁기 때문에 해상도가 좋지 않아 산란점을 특성 벡터로 사용하기에는 한계가 있다. 그렇기 때문에 저주파 대역에서의 표적 구분 시에는 후기 시간 영역에서 관찰되는 공진 주파수를 특성 벡터로 이용하여 표적 구분 실험을 수행하였다. 하지만 공진 주파수만을 특성 벡터로 이용하게 되면 상대적으로 신호의 크기가 더 큰 초기 시간 영역 신호의 정보는 고려하지 못하게 되는 문제가 있다. 따라서 저주파 대역 레이더와 같이 대역폭이 제한되어 해상도가 낮은 환경에서의 표적 구분 시에 초기 시간 영역에서의 정보도 사용할 수 있는 표적 구분 방법이 필요하다.
- [0007] 본 발명과 관련된 선행기술로는 등록특허공보 제10-1460591호(발명의 명칭: 특성 벡터 융합을 이용한 레이더 표적 인식 방법 및 장치, 등록일자: 2014년 11월 05일), 제10-1617620호(발명의 명칭: 고해상도 거리 측면도와 역합성 개구면 레이더 영상의 융합을 통한 표적 식별 방법 및 그 장치, 등록일자: 2016년 04월 27일)가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 따라서, 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용하는 레이더 표적 구분 방법 및 장치를 제공하는 데에 그 목적이 있다.
- [0009] 또한, 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는 해상도가 좋지 않은 경우에도 레이더 표적 구분 성능을 향상시키는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용하여 표적을 구분하는 방법은, 송신기를 통해 저주파 대역 레이더 신호를 방사하고 동일한 위치의 수신기를 통해 상기 레이더 신호가 상기 표적에 반사되어 생성된 레이더 반사 신호를 수집하는 단계; 상기 수집된 레이더 반사 신호로부터 시간 영역 신호를 생성한 후 초기 시간 및 후기 시간 영역에서 각각의 특성 벡터를 추출하는 단계; 상기 초기 시간 및 후기 시간 영역에서 각각 추출된 특성 벡터를 이용하여 융합 특성 벡터를 생성하는 단계; 및 상기 생성된 융합 특성 벡터를 이용하여 상기 표적을 구분하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하고, 저주파 레이더와 같이 대역폭이 좁아서 해상도가 좋지 않은 경우에도 레이더 표적 구분 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0011] 일 실시예에 따르면, 상기 레이더 반사 신호를 수집하는 단계는, 상기 표적에 대한 플라스틱 모델에 대해 3-D 스캐닝 및 모델링을 통하여 실스케일의 캐드 모델을 획득하는 단계; 및 상기 획득된 실스케일의 캐드 모델에 대해 저주파 대역 RCS를 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0012] 일 실시예에 따르면, 상기 특성 벡터를 추출하는 단계는, 상기 계산된 RCS로부터 IFFT를 이용하여 시간 영역 신호를 생성하는 단계; 상기 생성된 시간 영역 신호로부터 초기 시간 영역에서는 파형 구조로부터 특성 벡터를 추출하는 단계; 및 상기 생성된 시간 영역 신호로부터 후기 시간 영역에서는 후기 시간 EP-based CLEAN 알고리즘을 적용하여 특성 벡터를 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0013] 일 실시예에 따르면, 상기 초기 시간 영역에서의 파형 구조로부터 추출된 특성 벡터는, 파형의 최대 값과 최소 값 사이의 시간을 특성으로 사용하고, 최대 값과 두 번째 peak 값 사이의 시간을 특성으로 사용하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0014] 일 실시예에 따르면, 상기 후기 시간 영역에서의 추출된 특성 벡터는, 후기 시간 EP-based CLEAN 알고리즘을 이용하여 추출된 복소 고유 공진 주파수의 성분 중 허수부를 특성으로 사용하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0015] 일 실시예에 따르면, 상기 융합 특성 벡터를 생성하는 단계는, 초기 시간 영역에서는 파형 구조로부터 특성 벡터를 추출하는 단계; 후기 시간 영역에서는 추출된 공진 주파수를 특성 벡터로 사용하는 단계; 및 각각 추출된 특성 벡터를 이용하여 융합 특성 벡터를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에 따르면, 상기 표적을 구분하는 단계는, 상기 융합 특성 벡터를 신경망 구분기에 입력함으로써 상기 표적을 구분하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 다른 양상에 따른, 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용하는 레이더 표적 구분

장치는, 상기 송신기를 통해 레이더 신호를 방사하고 동일한 위치의 수신기를 통해 상기 레이더 신호가 상기 표적에 반사되어 생성된 레이더 신호 수집부; 상기 수집된 레이더 반사 신호로부터 시간 영역 신호를 생성한 후 초기 시간 및 후기 시간 영역에서 특성 벡터를 추출하고 추출된 각각의 특성 벡터를 이용하여 융합 특성 벡터를 생성하는 특성 벡터 추출 및 융합부; 및 상기 생성된 융합 특성 벡터를 이용하여 상기 표적을 구분하는 표적 구분부를 포함한다.

- [0018] 일 실시예에 따르면, 상기 레이더 신호 수집부는, 저주파 대역의 레이더 시스템을 이용하여 상기 표적의 RCS를 수집하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0019] 일 실시예에 따르면, 상기 특성 벡터 추출 및 융합부는, 상기 계산된 RCS로부터 IFFT를 이용하여 시간 영역 신호를 생성하고 생성된 시간 영역 신호로부터 초기 시간 영역에서는 파형 구조로부터 특성 벡터를 추출하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0020] 일 실시예에 따르면, 상기 특성 벡터 추출 및 융합부는, 상기 생성된 시간 영역 신호로부터 후기 시간 영역에서는 후기 시간 EP-based CLEAN 알고리즘을 적용하여 특성 벡터를 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0021] 일 실시예에 따르면, 상기 특성 벡터 추출 및 융합부는, 초기 시간 영역 및 후기 시간 영역에서 각각 추출된 특성 벡터를 이용하여 융합 특성 벡터를 생성하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0022] 일 실시예에 따르면, 상기 표적 구분부는, 상기 융합 특성 벡터를 신경망 구분기에 입력함으로써 상기 표적을 구분하는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

- [0023] 본 발명의 실시예에 따르면, 저주파 레이더와 같이 대역폭이 좁아서 해상도가 좋지 않은 경우에도 레이더 표적 구분 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0024] 본 발명의 실시예에 따르면, 수신된 저주파 대역 레이더 신호로부터 시간 영역 응답을 생성한 후 초기 시간영역 응답에서는 파형의 구조로부터 표적의 특성 벡터를 추출하고, 후기 시간영역 응답에서는 공진 주파수를 특성 벡터로 추출하여 단순히 공진 주파수만을 이용하여 표적을 구분할 때 보다 초기 시간과 후기 시간의 특성 벡터를 융합하여 사용함으로써 레이더 표적 구분 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 표적 구분 장치를 설명하기 위해 도시한 블록도이다.
- 도 2는 계산된 RCS에 대해 IFFT를 이용하여 생성된 시간 영역 응답 신호의 예시를 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 초기 시간 영역에서의 파형 구조로부터 특성 벡터 추출의 예시를 나타낸 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 표적 구분 방법을 설명하기 위해 도시한 흐름도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에서 제안하는 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합 기법의 전체적인 블록도이다.
- 도 6은 원래의 후기 시간 영역 응답과 EP-based CLEAN 알고리즘으로부터 추출된 파라미터를 이용하여 재생성된 후기 시간 영역 응답을 비교한 예시를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 경우와 공진 주파수만을 특성 벡터로 이용한 경우의 표적 구분 성능을 비교한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 상술한 본 발명의 특징 및 효과는 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을

도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다.

- [0027] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 구체적으로 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0028] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용한다.
- [0029] 제1, 제2등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0030] 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. "및/또는" 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0031] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다.
- [0032] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않아야 한다.
- [0033] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈", "블록" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.
- [0034] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 당해 분야에 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 설명한다. 하기에서 본 발명의 실시 예를 설명함에 있어, 관련된 공지의 기능 또는 공지의 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0035] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 표적 구분 장치(100)를 설명하기 위해 도시한 블록도이다.
- [0037] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 표적 구분 장치(100)는 레이더 신호 수집부(110), 특성 벡터 추출 및 융합부(120), 표적 구분부(130), 및 제어부(140)를 포함한다.
- [0038] 상기 레이더 신호 수집부(110)는 저주파 대역 레이더 신호를 송수신할 수 있는 환경을 마련하며, 표적의 측면각 변화에 따른 레이더 반사 신호를 수집한다.
- [0039] 상기 특성 벡터 추출 및 융합부(120)는 상기 수집된 레이더 반사 신호로부터 초기 시간 및 후기 시간 영역에서 특성 벡터를 추출하고 추출된 특성벡터를 융합한다.
- [0040] 즉, 상기 특성 벡터 추출 및 융합부(120)는 상기 계산된 RCS에 대해 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 이용하여 시간 영역 신호를 생성한다. 보다 상세한 내용은 이하의 도 2를 참고한다.
- [0041] 여기서, 상기 레이더 신호가 상기 표적을 완전히 통과하기까지의 초기 시간 영역 응답에서는 파형 구조로부터 특성 벡터를 추출한다. 보다 상세한 내용은 이하의 도 2를 참고한다.
- [0042] 여기서, 상기 파형 구조로부터의 특성벡터는 표적의 초기 시간 영역 응답에서 파형의 최대 값과 최소 값 사이의 시간, 그리고 최대 값과 두 번째 크기를 갖는 peak 값 사이의 시간을 특성 벡터로 이용한다. 보다 상세한 내용은 이하의 도 3을 참고한다.
- [0043] 또한, 레이더 신호가 표적을 완전히 통과한 이후의 시간인 후기 시간 영역 응답에서는 후기시간 EP-based CLEAN

알고리즘을 적용하여 추출된 공진 주파수를 특성 벡터로 이용한다.

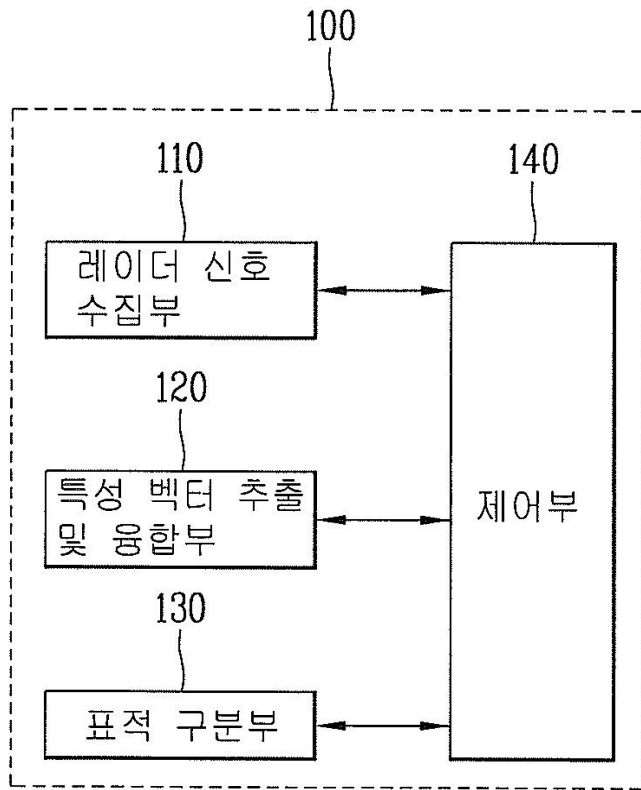
- [0044] 여기서, 공진 주파수에 의한 특성벡터는 EP-based CLEAN 알고리즘을 이용하여 추출된 복소 고유 공진 주파수의 성분 중 허수부 성분의 작은 값부터 오름차순으로 나열된 공진 주파수를 특성 벡터로 이용한다.
- [0045] 상기의 EP-based CLEAN 알고리즘은 공지 기술에 해당하므로 본 명세서에서는 이에 대한 설명은 생략하기로 한다.
- [0046] 상기 특성 벡터 추출 및 융합부(120)는 상기 추출된 초기 시간 영역에서의 특성 벡터와 후기 시간 영역에서의 특성벡터를 이용하여 융합 특성 벡터를 생성한다.
- [0047] 상기 표적 구분부(130)는 상기 생성된 융합 특성 벡터를 이용하여 상기 표적들을 구분한다. 이를 위해, 상기 표적 구분부(130)는 상기 융합 특성 벡터를 신경망 구분기에 입력으로 사용하며, 이로써 표적을 구분할 수 있다.
- [0048] 상기 제어부(140)는 본 발명의 일 실시예에 따른 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 표적 구분 장치(100), 즉, 상기 레이더 신호 생성부(110), 상기 특성 벡터 추출 및 융합부(120), 상기 표적 구분부(130) 등의 동작을 전체적으로 제어할 수 있다.
- [0049] 도 2는 계산된 RCS에 대해 IFFT를 이용하여 생성된 시간 영역 응답 신호의 예시를 나타낸다.
- [0050] 도 2를 참조하면 전체 시간 영역 응답에서 후기 시간 영역이 시작하는 시간인 T_L 을 기준으로 초기 시간 영역 응답과 후기 시간 영역 응답으로 나눌 수 있다. T_L 은 수학적 식 1과 같이 정의된다.
- [0052] [수학적 식 1]
- [0053]
$$T_L = T_b + 2T_{tr} + T_p$$
- [0054] 수학적 식 1에서, T_b 는 입사파가 표적의 가장 자리(leading edge)에 닿는 시간을 의미하며, T_{tr} 은 레이더 신호가 표적을 가로지르는 최대 시간을 의미한다. 또한, T_p 는 송신 신호의 펄스 폭을 의미한다.
- [0056] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 초기 시간 영역에서의 파형 구조로부터 특성 벡터 추출의 예시를 나타낸다. 초기 시간 영역에서는 파형의 최대 값과 최소 값 사이의 시간, 그리고 최대 값과 두 번째 크기를 갖는 peak 값 사이의 시간을 특성 벡터로 이용한다.
- [0057] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합을 이용한 표적 구분 방법을 설명하기 위해 도시한 흐름도이다.
- [0058] 도 4를 참조하면, 단계(410)에서 상기 레이더 시스템은 송신기를 통해 저주파 대역 레이더 신호를 방사한다.
- [0059] 다음으로, 단계(420)에서 상기 레이더 시스템은 송신기와 동일한 위치의 수신기를 통해 상기 레이더 신호가 상기 표적에 반사되어 생성된 레이더 반사 신호를 수신한다.
- [0060] 다음으로, 단계(430)에서 상기 표적 구분 장치는 상기 수신기로부터 상기 표적의 측면각에 따른 레이더 반사 신호를 수집한다.
- [0061] 다음으로, 단계(440)에서 수집된 상기 레이더 반사 신호로부터 시간 영역 신호를 생성한다.
- [0062] 다음으로, 단계(450)에서 생성된 상기 시간 영역 신호를 초기 시간 영역과 후기 시간 영역으로 구분한다.
- [0063] 다음으로, 단계(460)에서 초기 시간 영역에서는 파형 구조로부터 표적의 특성 벡터를 추출한다.
- [0064] 다음으로, 단계(470)에서 후기 시간 영역에서는 표적의 공진 주파수를 특성 벡터로 추출한다.
- [0065] 다음으로, 단계(480)에서 상기 초기 시간 및 후기 시간 영역에서 각각 추출된 특성 벡터를 이용하여 융합 특성 벡터를 생성한다.
- [0066] 이때, 융합 특성 벡터는 동일한 측면각에서 추출된 특성 벡터를 융합하는 것이 바람직하다.
- [0067] 다음으로, 단계(490)에서 상기 표적 구분 장치는 상기 융합 특성 벡터를 이용하여 상기 표적을 구분한다. 이를 위해, 상기 표적 구분 장치는 상기 융합 특성벡터를 신경망 구분기의 입력으로 사용할 수 있으며, 이를 통하여 상기 표적을 구분할 수 있다.
- [0068] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에서 제안하는 방법의 성능을 검증하기 위한 실험 예시 도면을 참조하여 자세히

설명하기로 한다.

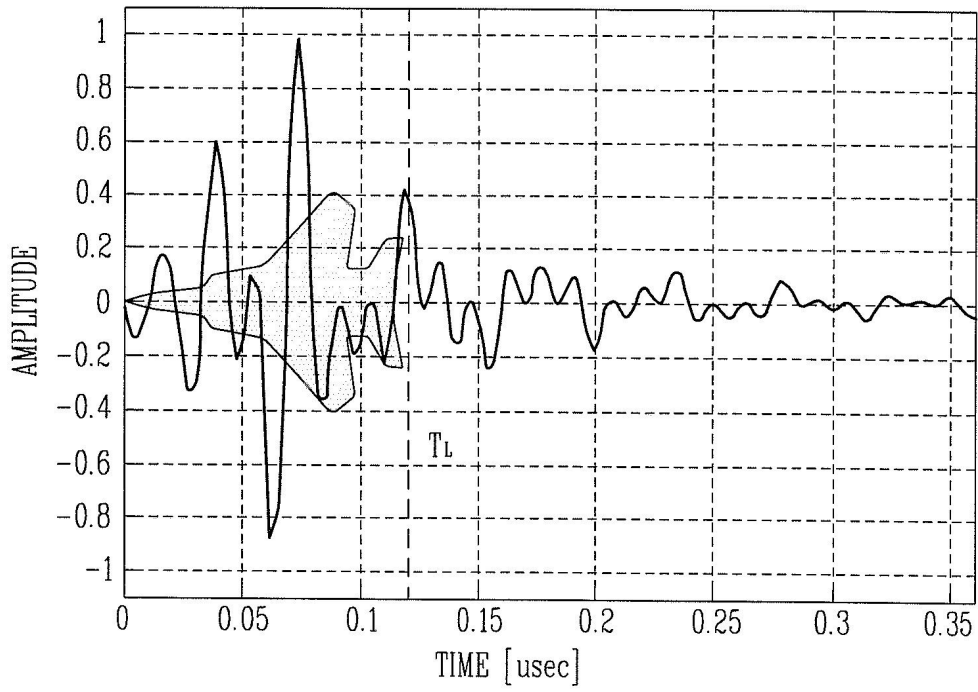
- [0069] 본 발명의 일 실시예에서 제안하는 방법의 성능을 검증하기 위해, 먼저 실제 항공기의 크기와 흡사한 4대의 캐드 모델에 대해 모노스테틱 레이더 구조에서 RCS를 계산하였다. 계산된 RCS로부터 시간 영역 신호를 생성한 후, 초기 시간 영역에서는 파형 구조로부터 표적의 특성 벡터를 추출하고, 후기 시간 영역에서는 EP-based CLEAN 알고리즘을 이용하여 표적의 공진 주파수를 추출하였다. 추출된 특성 벡터는 융합 과정을 거친 후 신경망 구분기의 입력으로 사용되어 표적 구분 실험을 수행하여 공진 주파수만을 특성 벡터로 이용했을 때의 표적 구분 성과 비교 분석하였다.
- [0070] 표적 구분 성능을 향상시키기 위하여 본 발명의 일 실시예에서 제안하는 공진 주파수 및 파형 구조 기반의 특성 벡터 융합 기법의 전체적인 블록도는 도 5에 나와 있는 것과 같다. 도 5에 나와 있는 것과 같이 먼저, 모노스테틱 RCS를 계산하여 획득하는데, 본 발명의 일 실시예에서는 표적의 RCS를 획득하기 위하여 시뮬레이션 툴을 이용한다. 이 때 사용된 캐드 모델들은 실제 크기와 거의 비슷한 사용된 캐드 모델들은 실제 크기와 거의 비슷한 크기로 계산되었다. 실스케일 표적의 캐드 모델은 플라스틱 모델에 대해 3-D 스캐닝 및 모델링 과정을 거쳐 얻은 후, 이를 스케일 업(scale up) 시켜줌으로서 획득할 수 있다.
- [0071] 각 표적에 대해 RCS를 계산하기 위해, 본 실시예에서는 EM(Electro Magnetic) 해석 시뮬레이션 툴 중 하나인 FEKO를 이용한다. RCS 계산 기법으로는 가장 정확하다고 알려진 MoM(Method of Moment)법을 사용한다. 주파수 범위는 저주파 대역인 0.2MHz에서 0.2MHz 간격으로 28MHz까지 140 포인트로 계산하였으며, 편파각은 90° 로서 HH 선형 편파만을 고려한다. 항공기의 모노스테틱 RCS는 좌우대칭이라는 점을 고려하여 표적의 측면각은 표적의 머리 부분을 0° 로 봤을 때, 0° 에서 180° 까지 1° 간격으로 181개의 각도에서 계산한다.
- [0072] 다음으로, 계산된 RCS 데이터(510)로부터 IFFT를 이용하여 시간 영역 응답 신호를 생성한다(520). 생성된 시간 영역 응답 신호의 예는 도 2와 같다.
- [0073] 다음으로, 생성된 시간 영역 응답 신호를 이용하여 초기 시간 영역 응답에서는 도 3과 같이 파형 구조로부터 표적의 특성 벡터를 추출한다(530). 추출된 초기 시간 영역에서의 특성 벡터 f_E 는 다음의 수학적 식 2와 같이 정의된다.
- [0075] [수학적 식 2]
- [0076] $f_E = [\Delta t_1, \Delta t_2]$
- [0077] 수학적 식 2에서 Δt_1 은 초기 시간 영역 응답 신호에서 파형의 최대 값과 최소 값 사이의 시간을 의미하며, Δt_2 는 최대 값과 두 번째 크기를 갖는 peak 값 사이의 시간이다.
- [0079] 또한, 후기 시간 영역 응답에서는 주로 저주파 영역에서 관찰되는 공진 주파수를 추출하기 위해 후기 시간 EP-based CLEAN 알고리즘을 이용하여 공진 주파수를 추출한다(540). 추출된 후기 시간 영역에서의 특성 벡터 은 다음의 수학적 식 3과 같이 정의된다.
- [0081] [수학적 식 3]
- [0082] $f_L = [\omega_1, \omega_2, \omega_3]$
- [0083] 수학적 식 3에서 $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ 는 EP-based CLEAN 알고리즘을 이용하여 추출된 복소 고유 공진 주파수의 성분 중 허수부의 작은 값 순으로 나열된 공진 주파수를 나타낸다.
- [0085] 도 6은 원래의 후기 시간 영역 응답과 EP-based CLEAN 알고리즘으로부터 추출된 파라미터를 이용하여 재생성된 후기 시간 영역 응답을 비교한 예시를 나타낸다. 그림을 보면 후기 시간 영역 응답에서 복소 고유 공진 주파수의 파라미터 값들이 제대로 추출됨을 확인할 수 있다.
- [0086] 이와 같이 추출된 특성 벡터들은 융합 단계를 거치게 된다(550). 초기 시간 영역에서 추출된 특성 벡터 f_E 와 후기 시간 영역에서 추출된 특성 벡터 f_L 가 융합된 특성 벡터 f_C 는 수학적 식 4와 같이 정의된다.
- [0088] [수학적 식 4]
- [0089] $f_C = [f_E, f_L]$

도면

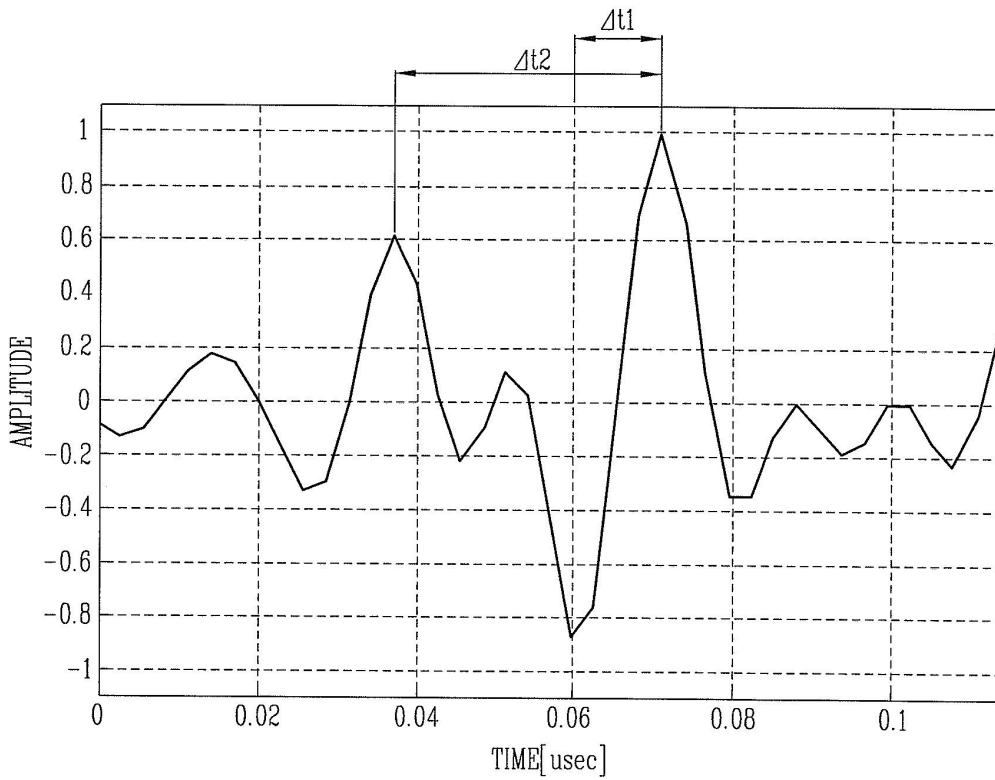
도면1



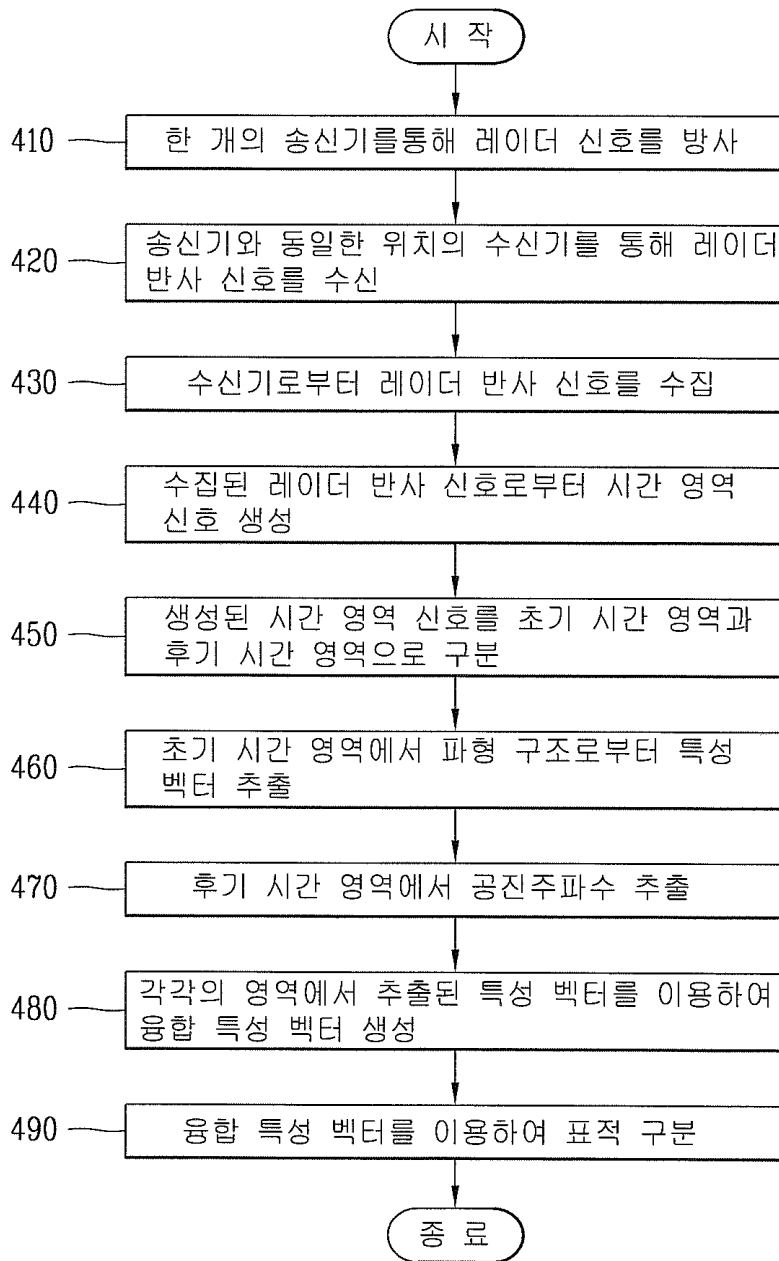
도면2



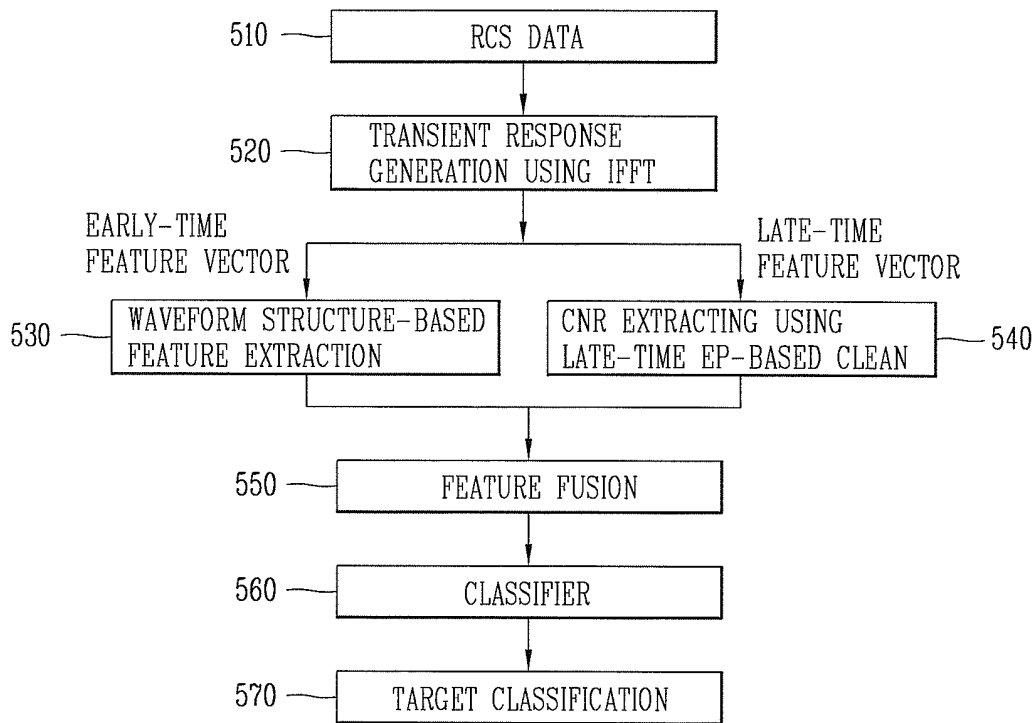
도면3



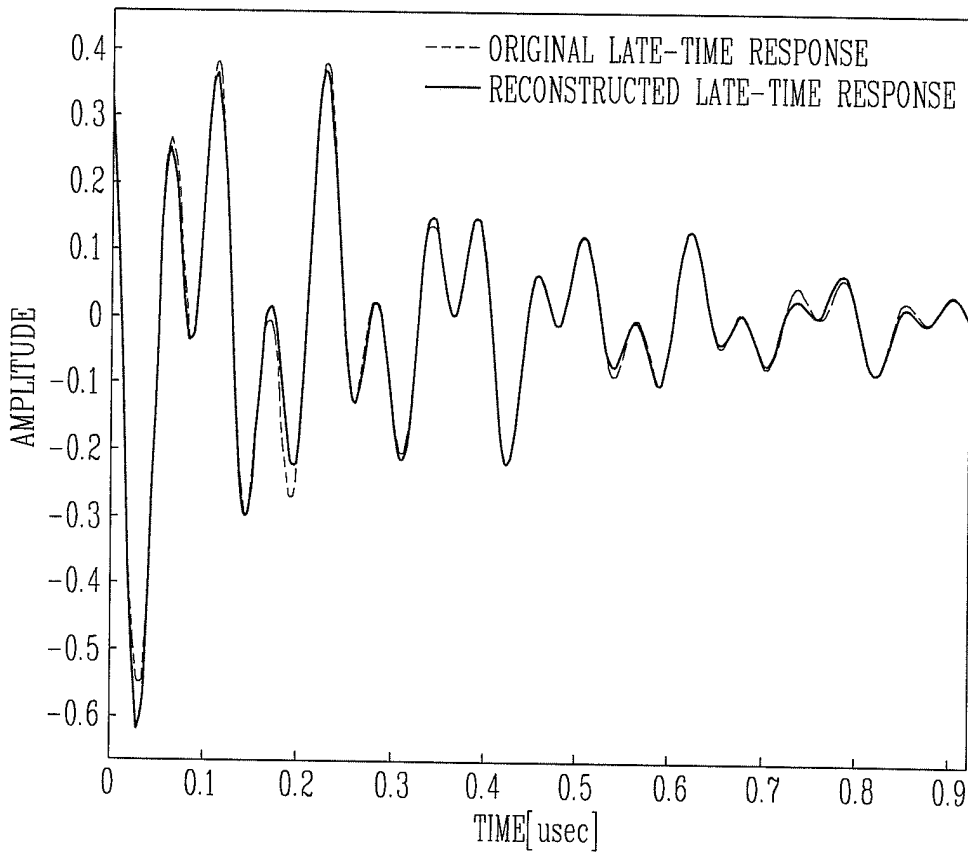
도면4



도면5



도면6



도면7

METHOD	TARGET CLASSIFICATION PERCENTAGE				
	SNR [dB]				
	15	20	25	30	35
USING CNR FREQUENCY	62.57% (L94)	70.27% (L45)	75.78% (L22)	77.14% (L30)	78.16% (L02)
USING FEATURE FUSION	69.29% (1.54)	74.97% (1.18)	77.63% (1.16)	79.75% (1.06)	82.43% (0.76)

【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제3항

【변경전】

상기 계산된 RCS로부터

【변경후】

상기 표적의 RCS로부터